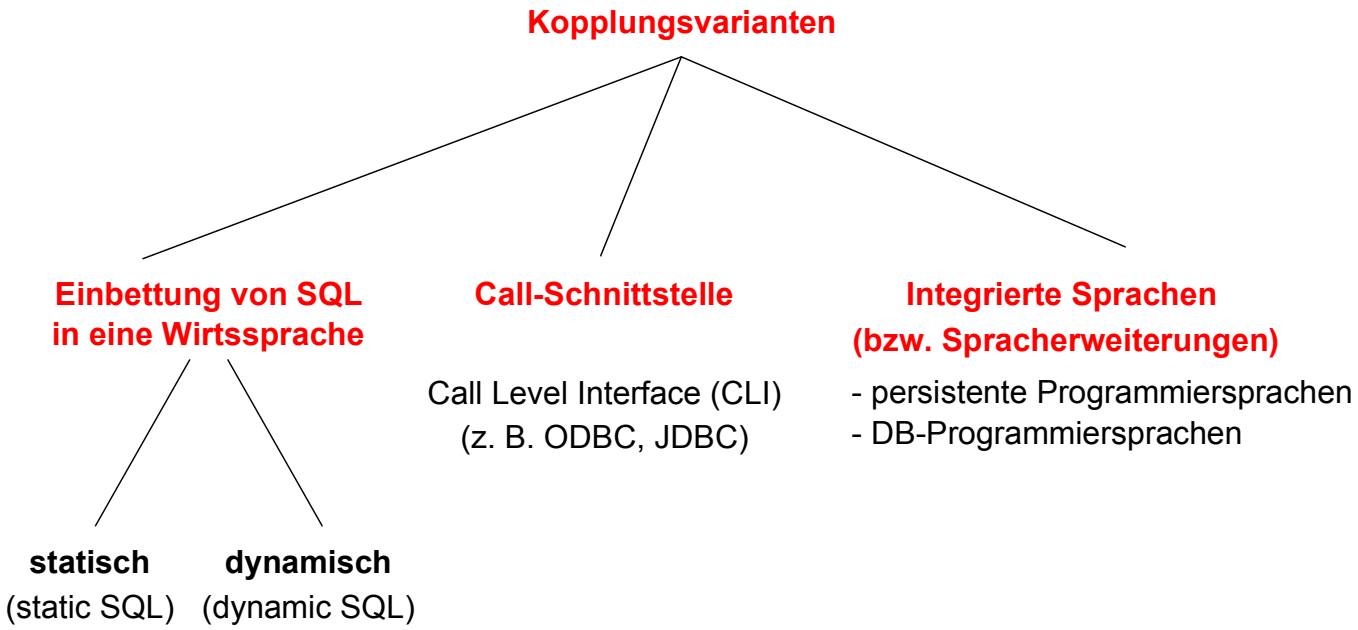
5. Anwendungsprogrammier-schnittstellen

- **Kopplung mit einer Wirtssprache:**
  - Übersicht und Aufgaben
- **Eingebettetes statisches SQL**
  - Cursor-Konzept
  - SQL-Programmiermodell
  - Rekursion
  - Ausnahme- und Fehlerbehandlung
- **Aspekte der Anfrageauswertung**
  - Vorbereitung und Ausführung
- **Dynamisches SQL**
  - Eingebettetes dynamisches SQL
- **Call-Level-Interface**
  - Ansatz und Vorteile
  - DB-Zugriff via JDBC
- **SQL/PSM**

Kopplung mit einer Wirtssprache



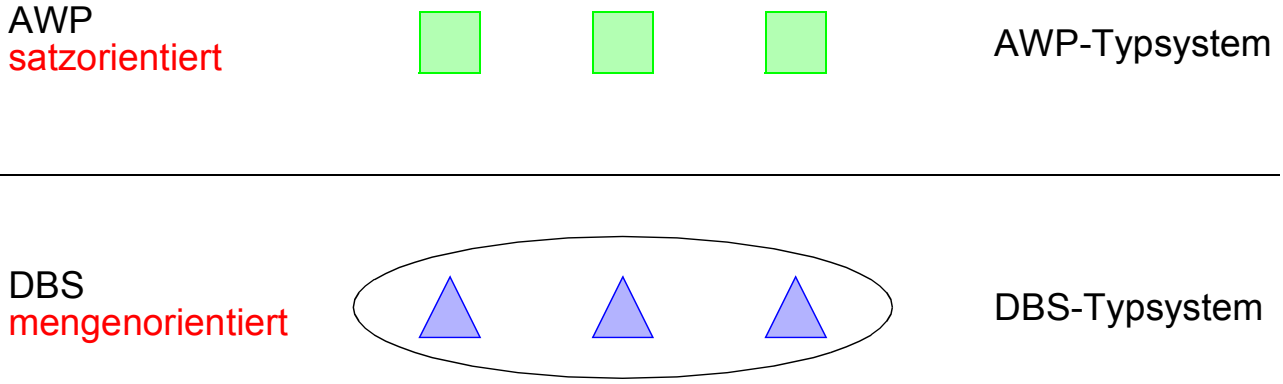
- **Einbettung von SQL** (Embedded SQL, ESQL)
  - Spracherweiterung um spezielle DB-Befehle (EXEC SQL ...)
  - komfortablere Programmierung als mit CLI
- **statische Einbettung**
  - Vorübersetzer (Precompiler) wandelt DB-Aufrufe in Prozeduraufrufe um
  - Nutzung der normalen PS-Übersetzer für umgebendes Programm
  - SQL-Anweisungen müssen zur Übersetzungszeit feststehen
  - im SQL-Standard unterstützte Sprachen:
    C, COBOL, FORTRAN, Ada, PL1, Pascal, MUMPS, Java, ...
- **dynamische Einbettung:**
  Konstruktion von SQL-Anweisungen (als Zeichenkette) zur Laufzeit
- **Call-Schnittstelle** (prozedurale bzw. objektorientierte Schnittstelle, CLI)
  - DB-Funktionen werden durch Bibliothek von Prozeduren/Methoden realisiert
  - Anwendung enthält lediglich Prozedur-/Methodenaufrufe
    Zeichenkette mit SQL-Anweisung als Parameter

Kopplung mit einer Wirtssprache (2)

- **Integrationsansätze unterstützen typischerweise nur**
  - ein Typsystem
  - Navigation (satz-/objektorientierter Zugriff)

  ➥ Wünschenswert sind jedoch Mehrsprachenfähigkeit und deskriptive DB-Operationen (mengenorientierter Zugriff)

- **Relationale AP-Schnittstellen (API) bieten diese Eigenschaften,** erfordern jedoch Maßnahmen zur Überwindung der sog. Fehlanpassung (impedance mismatch)



- **Kernprobleme der API bei konventionellen Programmiersprachen**
  - Konversion und Übergabe von Werten
  - Übergabe aktueller Werte von Wirtssprachenvariablen (Parametrisierung von DB-Operationen)
  - DB-Operationen sind i. allg. mengenorientiert:
    Wie und in welcher Reihenfolge werden Zeilen/Sätze dem AP zur Verfügung gestellt?

    ➥ Cursor-Konzept

Kopplung mit einer Wirtssprache (3)

- **Embedded (static) SQL: Beispiel für C**

```
exec sql include sqlca; /* SQL Communication Area */
main ()
{
exec sql begin declare section;
      char   X[3] ;
      int    GSum;
exec sql end declare section;
exec sql connect to dbname;
exec sql insert into Pers (Pnr, Name) values (4711, 'Ernie');
exec sql insert into Pers (Pnr, Name) values (4712, 'Bert');
printf ("Anr ? ") ; scanf ( " %s" , X);
exec sql select sum (Gehalt) into :GSum from Pers where Anr = :X;
/* Es wird nur ein Ergebnissatz zurückgeliefert */
printf ("Gehaltssumme: %d\n" , GSum)
exec sql commit work;
exec sql disconnect;
}
```

- **Anbindung einer SQL-Anweisung** an die Wirtssprachen-Umgebung
  - eingebettete SQL-Anweisungen werden durch **exec sql** eingeleitet und durch spezielles Symbol (hier ";") beendet, um dem Compiler eine Unterscheidung von anderen Anweisungen zu ermöglichen
  - Verwendung von AP-Variablen in SQL-Anweisungen verlangt Deklaration innerhalb eines **declare section**-Blocks sowie Angabe des Präfix ":" innerhalb von SQL-Anweisungen
  - Kommunikationsbereich SQLCA (Rückgabe von Statusanzeigern u.ä.)
  - Übergabe der Werte einer Zeile mit Hilfe der INTO-Klausel
    - INTO target-commalist (Variablenliste des Wirtsprogramms)
    - Anpassung der Datentypen (Konversion)
  - Aufbau/Abbau einer Verbindung zu einem DBS: **connect/disconnect**

Cursor-Konzept

- **Cursor-Konzept zur satzweisen Abarbeitung von Ergebnismengen**
  - Trennung von Qualifikation und Bereitstellung/Verarbeitung von Zeilen
  - Cursor ist ein Iterator, der einer Anfrage zugeordnet wird und mit dessen Hilfe die Zeilen der Ergebnismenge einzeln (one tuple at a time) im Programm bereitgestellt werden
  - Wie viele Cursor können im AWP sein?

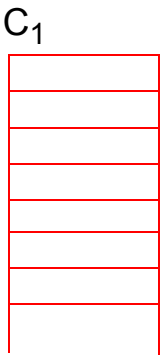
- **Cursor-Deklaration**

```
DECLARE cursor CURSOR FOR table-exp
    [ORDER BY order-item-commalist]
```

```
DECLARE C1 CURSOR FOR
   SELECT Name, Gehalt, Anr FROM Pers WHERE Anr = 'K55'
   ORDER BY Name;
```

- **Operationen auf einen Cursor C1**

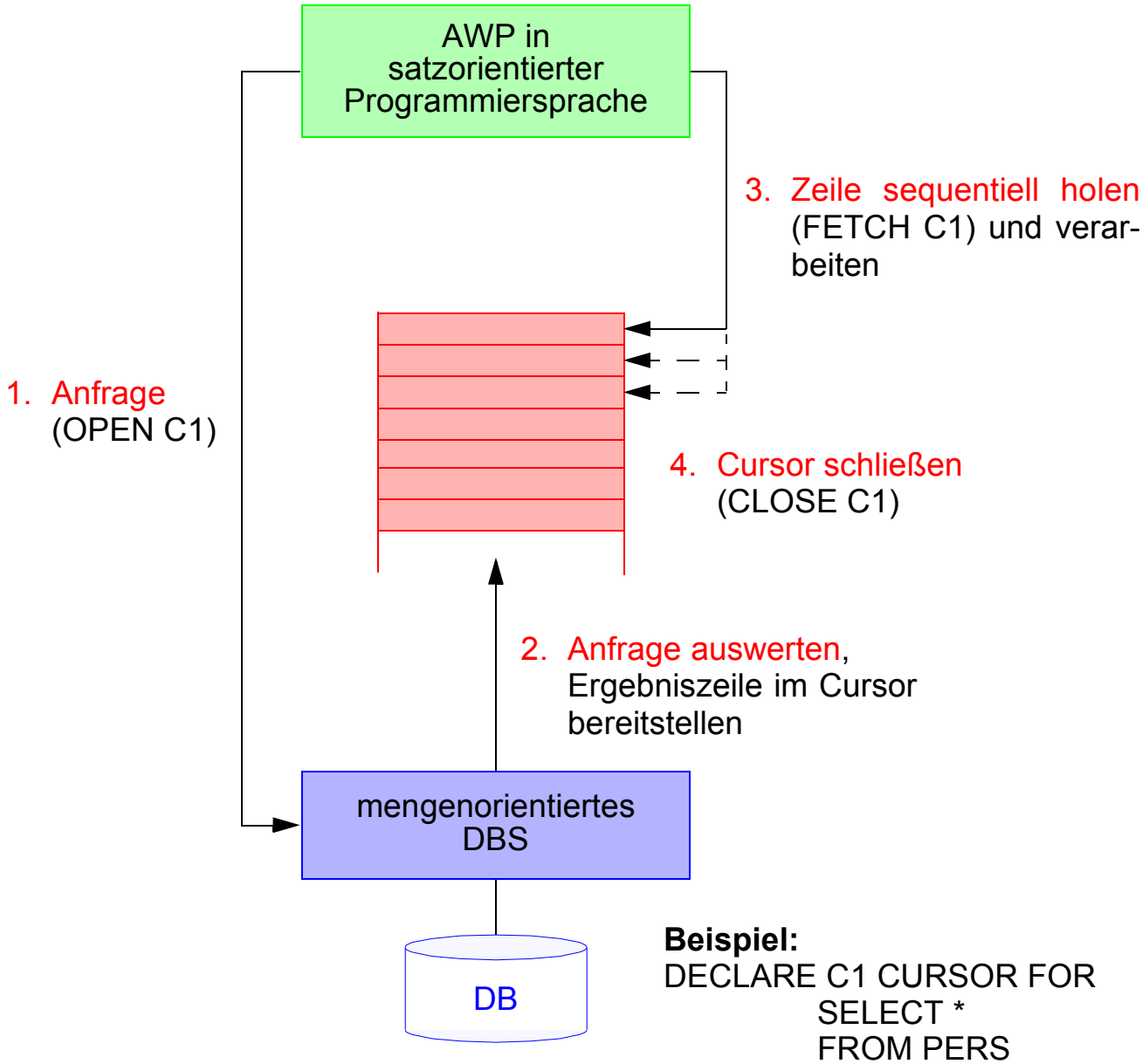
```
OPEN   C1
FETCH C1  INTO  Var1, Var2, . . ., Varn
CLOSE C1
```



- **Reihenfolge der Ergebniszeilen**
  - systembestimmt
  - benutzerspezifiziert (ORDER BY)

Cursor-Konzept (2)

- **Veranschaulichung der Cursor-Schnittstelle**



Beispiel:

```
DECLARE C1 CURSOR FOR
        SELECT *
        FROM PERS
        WHERE ANR > '30'
        ORDER BY PNAME ASC
```

- **Wann wird die Ergebnismenge angelegt?**
  - **lazy:** schritthaltende Auswertung durch das DBS?
    Verzicht auf eine explizite Zwischenspeicherung ist nur bei einfachen Anfragen möglich
  - **eager:** Kopie bei OPEN?
    Ist meist erforderlich (ORDER BY, Join, Aggregat-Funktionen, ...)

Cursor-Konzept (3)

- **Beispielprogramm in C (vereinfacht)**

```
exec sql begin declare section;
char X[50], Y[3];
exec sql end declare section;

exec sql declare C1 cursor for
   select Name from Pers where Anr = :Y;


printf("Bitte Anr eingeben: \n");
scanf("%d", Y);
exec sql open C1;
while (sqlcode == OK)
{
   exec sql fetch C1 into :X;
   printf("Angestellter %d\n", X);
}
exec sql close C1;
```

- **Anmerkungen**
  - DECLARE C1 ... ordnet der Anfrage einen Cursor C1 zu
  - OPEN C1 bindet die Werte der Eingabevariablen
  - Systemvariable SQLCODE zur Übergabe von Fehlermeldungen (Teil von SQLCA)

Cursor-Konzept (4)

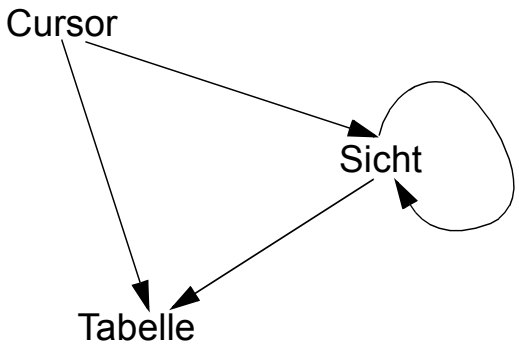
- **Aktualisierung mit Bezugnahme auf eine Position**
  - Wenn die Zeilen, die ein Cursor verwaltet (*active set*), eindeutig Zeilen einer Tabelle entsprechen, können sie über Bezugnahme durch den Cursor geändert werden.
  - Keine Bezugnahme bei INSERT möglich !

```
positioned-update ::=
        UPDATE table SET update-assignment-commalist
        WHERE CURRENT OF cursor

positioned-delete ::=
        DELETE FROM table
        WHERE CURRENT OF cursor
```

- **Beispiel:**

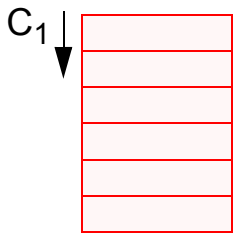
```
while (sqlcode == ok) {
    exec sql fetch C1 into :X;
        /* Berechne das neue Gehalt in Z /*
    exec sql update Pers
        set Gehalt = :Z
        where current of C1;
    }
```

- **Vergleich: Cursor – Sicht**

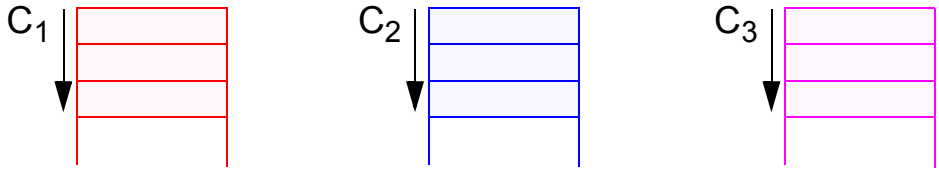


SQL-Programmiermodell für Mengenzugriff

1) **ein Cursor**: π, σ, ⋈, ∪, - ,. . . , Agg, Sort, . . .

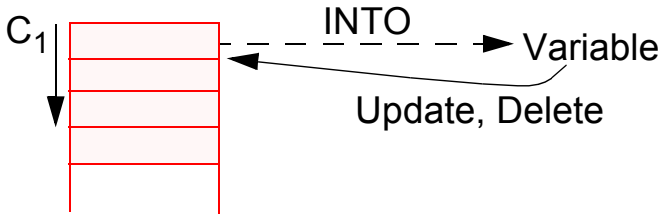


2) **mehrere Cursor**: π, σ, Sort, ...

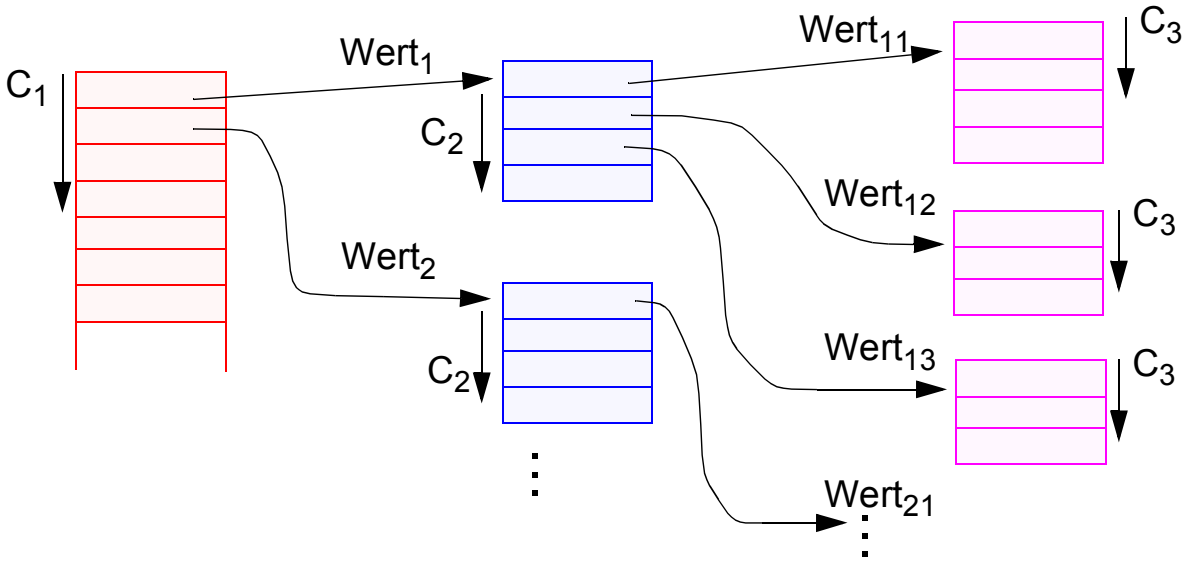


Verknüpfung der gesuchten Zeilen im AP

3) **positionsbezogene Aktualisierung**



4) **abhängige Cursor**



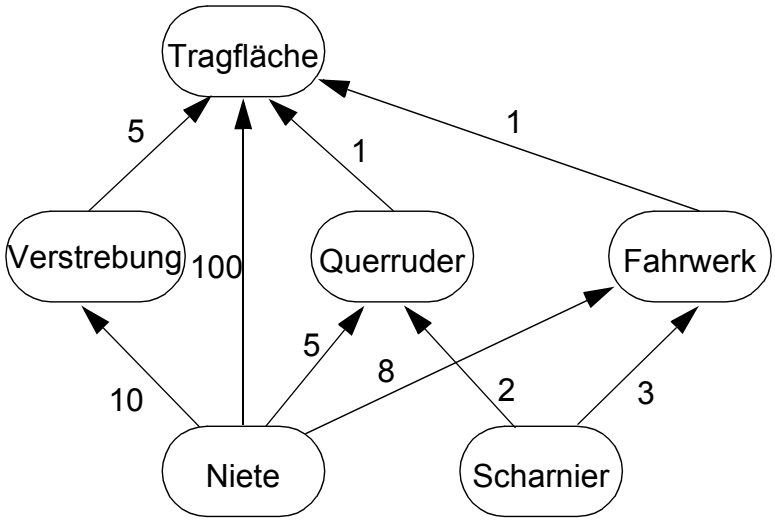
Beispiel: Stücklistenauflösung

- **Tabelle Struktur (Otnr, Utnr, Anzahl)**
  - Aufgabe: Ausgabe aller Endprodukte sowie deren Komponenten
  - max. Schachtelungstiefe sei bekannt (hier: 2)

```
exec sql begin declare section;
char T0[10], T1[10], T2[10]; int Anz;
exec sql end declare section;

exec sql declare C0 cursor for
        select distinct Otnr from Struktur S1
        where not exists (select * from Struktur S2
                                where S2.Utnr =  S1.Otnr);

exec sql declare C1 cursor for
         select Utnr,  Anzahl from Struktur
         where Otnr = :T0;

exec sql declare C2 cursor for
         select Utnr,  Anzahl from Struktur
         where Otnr = :T1;

exec sql open C0;
while (1) {
         exec sql fetch C0 into :T0;
         if (sqlcode == notfound) break;
         printf (" %s\n " , T0);
         exec sql open C1;
         while (2)    {exec sql fetch C1 into :T1, :Anz;
                       if (sqlcode == notfound) break;
                       printf ("     %s:   %d\n " , T1, Anz);
                        exec sql open (C2);
                       while (3) { exec sql fetch C2 INTO :T2, :Anz;
                                   if (sqlcode == notfound) break;
                                   printf ("            %s:   %d\n " , T2, Anz);     }
                       exec sql close (C2); } /* end while (2) */
         exec sql close C1; } /* end while (1) */
exec sql close (C0);
```

Beispiel: Stücklistenauflösung (2)

- **Gozinto-Graph**



Struktur (Otnr,	Utnr,	Anzahl)
T	V	5
T	N	100
T	Q	1
T	F	1
V	N	10
Q	N	5
Q	S	2
F	N	8
F	S	3

- **Strukturierte Ausgabe aller Teile von Endprodukten**

Erweiterung des Cursor-Konzeptes

```
cursor-def ::=DECLARE cursor [SENSITIVE | INSENSITIVE | ASENSITIVE]
                    [SCROLL] CURSOR
                        FOR table-exp
                      [ORDER BY order-item-commalist]
                    [FOR {READ ONLY | UPDATE [OF column-commalist]}]
```

- **Erweiterte Positionierungsmöglichkeiten durch SCROLL**
- **Cursor-Definition (Beispiel):**

```
EXEC SQL DECLARE  C2  SCROLL  CURSOR
        FOR SELECT ...
```

- **Erweitertes FETCH-Statement:**

```
EXEC SQL FETCH[ [<fetch orientation>]  FROM ] <cursor>
        INTO <target list>

 fetch orientation:
        NEXT,  PRIOR, FIRST, LAST
        ABSOLUTE <expression>, RELATIVE <expression>
```

Bsp.:

```
EXEC SQL FETCH  ABSOLUTE 100 FROM C2 INTO ...

EXEC SQL FETCH  ABSOLUTE -10  FROM C2 INTO ...
        (zehntletzte Zeile)

EXEC SQL FETCH  RELATIVE  2  FROM C2 INTO ...
        (übernächste Zeile)

EXEC SQL FETCH  RELATIVE -10  FROM C2 INTO ...
```

Erweiterung des Cursor-Konzeptes (2)

- **Problemaspekt:**

  Werden im geöffneten Cursor Änderungen sichtbar?

- **INSENSITIVE CURSOR**

  - T sei die Zeilenmenge, die sich für den Cursor zum OPEN-Zeitpunkt (Materialisierung) qualifiziert
  - Spezifikation von INSENSITIVE bewirkt, dass eine separate Kopie von T angelegt wird und der Cursor auf die Kopie zugreift

    ➥ Aktualisierungen, die T betreffen, werden in der Kopie nicht sichtbar gemacht. Solche Änderungen könnten z. B. direkt oder über andere Cursor erfolgen

  - Über einen insensitiven Cursor sind keine Aktualisierungsoperationen möglich (UPDATE nicht erlaubt)
  - Die Kombination mit SCROLL bietet keine Probleme

- **ASENSITIVE (Standardwert)**

  - Bei OPEN muss nicht zwingend eine Kopie von T erstellt werden: die Komplexität der Cursor-Definition verlangt jedoch oft seine Materialisierung als Kopie
  - Ob Änderungen, die T betreffen und durch andere Cursor oder direkt erfolgen, in der momentanen Cursor-Instanzierung sichtbar werden, ist implementierungsabhängig
  - Falls UPDATE deklariert wird, muss eine eindeutige Abbildung der Cursor-Zeilen auf die Tabelle möglich sein (siehe aktualisierbare Sicht). Es wird definitiv keine separate Kopie von T erstellt.

Aspekte der Anfrageverarbeitung

- **Deskriptive, mengenorientierte DB-Anweisungen**
  - **Was**-Anweisungen sind in zeitoptimale Folgen interner DBMS-Operationen umzusetzen
  - Anfrageauswertung/-optimierung des DBMS ist im wesentlichen für die effiziente Abarbeitung verantwortlich, d.h., das DBMS bestimmt, **wie** eine Ergebnismenge (abhängig von existierenden Zugriffspfaden) satzweise aufzusuchen und auszuwerten ist

- **Anfrageverarbeitung erfordert Vorbereitung der Anfrage**
  - Parsing, Prüfung der syntaktischen Korrektheit
  - Semantische Analyse (z.B. Auflösung von Sichten)
  - Zugriffskontrolle und Berücksichtigung von Integritätsbedingungen
  - **Anfrageoptimierung:**
    Standardisierung und Vereinfachung (Normalform für den Anfragegraph), algebraische Optimierung (Restrukturierung aufgrund heuristischer Regeln), nicht-algebraische Optimierung (kostenbasierte Auswahl von Planoperatoren, die logische Operatoren implementieren)
    liefert: Ausführungsplan
  - Code-Generierung (bei Verwendung eines Kompilationsansatzes):
    erzeugt ausführbares Zugriffsmodul, wird in einer DBMS-Bibliothek verwaltet

- **Ausführung der Anfrage**
  - entweder Ausführung des Zugriffsmoduls (durch DBMS kontrolliert)
  - oder Interpreter-basierte Abarbeitung des Ausführungsplans

- **Statisches, eingebettetes SQL - mögliche Vorgehensweisen**
  - Anfrage wird als aktueller Parameter eines (internen) CALL-Aufrufs abgelegt, Vorbereitung (und Ausführung) erfolgen zur Laufzeit, oder
  - Vorbereitung zum Übersetzungszeitpunkt, Ausführung zur Laufzeit

Dynamisches SQL

- **Festlegen/Übergabe von SQL-Anweisungen zur Laufzeit**
  - Benutzer stellt Ad-hoc-Anfrage
  - AP berechnet dynamisch SQL-Anweisung
  - SQL-Anweisung ist aktueller Parameter von Funktionsaufrufen an das DBMS

  ➥ **Dynamisches SQL** erlaubt Behandlung solcher Fälle

- **Mehrere Sprachansätze**
  - Eingebettetes dynamisches SQL
  - Call-Level-Interface (CLI):
    - SQL/CLI oder ODBC-Schnittstelle[1] für prozedurale Programmiersprachen
    - Java Database Connectivity[2] (JDBC) zur Verwendung mit Java

    ➥ Funktionalität ähnlich, jedoch nicht identisch

- **Gleiche Anforderungen (LZ)**
  - Zugriff auf Metadaten
  - Übergabe und Abwicklung dynamisch berechneter SQL-Anweisungen
  - Optionale Trennung von Vorbereitung und Ausführung
    - einmalige Vorbereitung mit Platzhalter (?) für Parameter
    - n-malige Ausführung
  - Explizite Bindung von Platzhaltern (?) an Wirtsvariable
    - Variable sind zur ÜZ nicht bekannt!
    - Variablenwert wird zur Ausführungszeit vom Parameter übernommen

---

1. Die Schnittstelle Open Database Connectivity (ODBC) wird von Microsoft definiert.
2. 'de facto'-Standard für den Zugriff auf relationale Daten von Java-Programmen aus: Spezifikation der JDBC-Schnittstelle unter http://java.sun.com/products/jdbc

Eingebettetes dynamisches SQL (EDSQL)

- **Wann wird diese Schnittstelle gewählt?**
  - Sie unterstützt auch andere Wirtssprachen als C
  - Sie ist im Stil statischem SQL ähnlicher; sie wird oft von Anwendungen gewählt, die dynamische und statische SQL-Anweisungen mischen
  - Programme mit EDSQL sind kompakter und besser lesbar als solche mit CLI oder JDBC

- **EDSQL**

  besteht im wesentlichen aus 4 Anweisungen:
  - DESCRIBE
  - PREPARE
  - EXECUTE
  - EXECUTE IMMEDIATE

- **SQL-Anweisungen werden vom Compiler wie Zeichenketten behandelt**
  - Deklaration DECLARE STATEMENT
  - Anweisungen enthalten Platzhalter für Parameter (?) statt Programmvariablen

Eingebettetes dynamisches SQL (2)

- **Trennung von Vorbereitung und Ausführung**

```
exec sql begin declare section;
      char    Anweisung [256], X[3];
exec sql end declare section;
exec sql declare SQLanw statement;

/* Zeichenkette kann zugewiesen bzw. eingelesen werden */
Anweisung = 'DELETE FROM Pers WHERE Anr = ?';

/* Prepare-and-Execute optimiert die mehrfache Verwendung
einer dynamisch erzeugten SQL-Anweisung */
exec sql prepare SQLanw from :Anweisung;
exec sql execute SQLanw using 'K51';
scanf (" %s " , X);
exec sql execute SQLanw using :X;
```

- **Bei einmaliger Ausführung EXECUTE IMMEDIATE ausreichend**

```
scanf (" %s " , Anweisung);
exec sql execute immediate :Anweisung;
```

- **Cursor-Verwendung**

  - SELECT-Anweisung nicht Teil von DECLARE CURSOR, sondern von PREPARE-Anweisung
  - OPEN-Anweisung (und FETCH) anstatt EXECUTE

```
exec sql declare SQLanw statement;
exec sql prepare SQLanw from
            "SELECT Name FROM Pers WHERE Anr=?" ;
exec sql declare C1 cursor for SQLanw;
exec sql open C1 using 'K51';
. . .
```

Eingebettetes dynamisches SQL (3)

- **Dynamische Parameterbindung**

```
Anweisung = 'INSERT INTO Pers VALUES (?, ?, ...)';
exec sql prepare SQLanw from :Anweisung;
vname = 'Ted';
nname = 'Codd';
exec sql execute SQLanw using :vname, :nname, ...;
```

- **Zugriff auf Beschreibungsinformation wichtig**
  - wenn Anzahl und Typ der dynamischen Parameter nicht bekannt ist
  - Deskriptorbereich ist eine gekapselte Datenstruktur, die durch das DBMS verwaltet wird (kein SQLDA vorhanden)

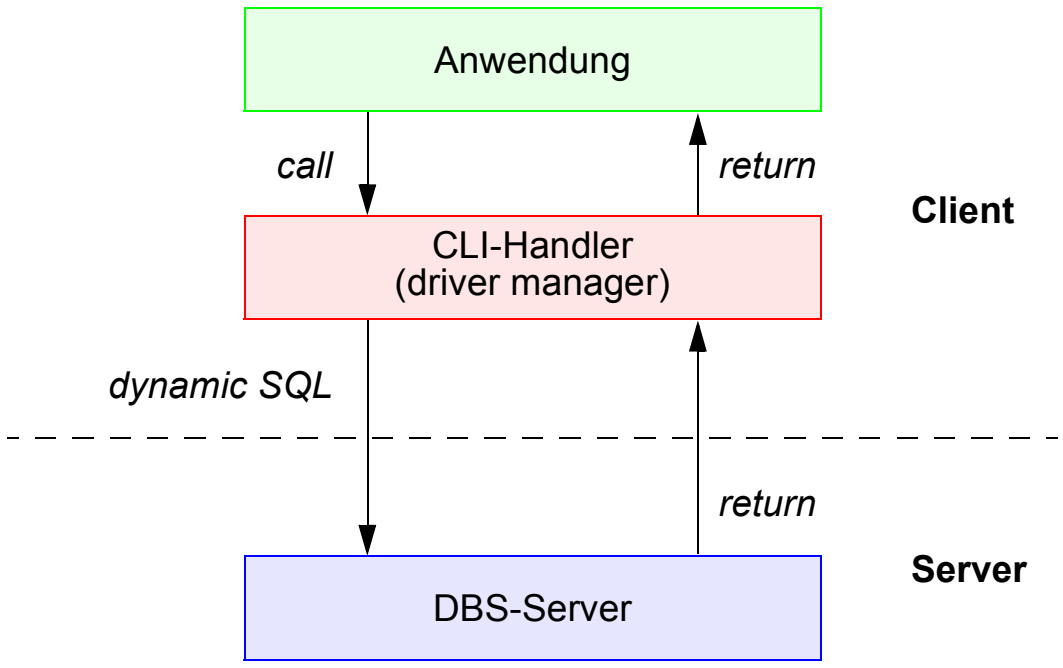
```
Anweisung = 'INSERT INTO Pers VALUES (?, ?, ...)';
exec sql prepare SQLanw from :Anweisung;
exec sql allocate descriptor 'Eingabeparameter';
exec sql describe input SQLanw into sql descriptor 'Eingabeparameter';
exec sql get descriptor 'Eingabeparameter' :n = count;

for (i = 1; i < n; i ++)
  {
  exec sql get descriptor 'Eingabeparameter' value :i
        :attrtyp = type, :attrlänge = length, :attrname = name;
        . . .
  exec sql set descriptor 'Eingabeparameter' value :i
         data = :d, indicator = :ind;
  }

  exec sql execute SQLanw
        using sql descriptor 'Eingabeparameter';
```

Call-Level-Interface

- **Spezielle Form von dynamischem SQL**
  - Schnittstelle ist als Sammlung von Prozeduren/Funktionen realisiert
  - Direkte Aufrufe der Routinen einer standardisierten Bibliothek
  - Keine Vorübersetzung (Behandlung der DB-Anweisungen) von Anwendungen
    - Vorbereitung der DB-Anweisung geschieht erst beim Aufruf zur LZ
    - Anwendungen brauchen nicht im Quell-Code bereitgestellt werden
    - Wichtig zur Realisierung von kommerzieller AW-Software bzw. Tools

  ➥ Schnittstelle wird sehr häufig in der Praxis eingesetzt!

- **Einsatz typischerweise in Client/Server-Umgebung**



Call-Level-Interface (2)

- **Vorteile von CLI**
  - **Schreiben portabler Anwendungen**
    - keinerlei Referenzen auf systemspezifische Kontrollblöcke wie SQLCA/SQLDA
    - kann die ODBC-Schnittstelle implementieren
  - **Systemunabhängigkeit**
    - Funktionsaufrufe zum standardisierten Zugriff auf den DB-Katalog
  - **Mehrfache Verbindungen zur selben DB**
    - unabhängige Freigabe von Transaktionen in jeder Verbindung
    - nützlich für AW mit GUIs (graphical user interfaces), die mehrere Fenster benutzen
  - **Optimierung des Zugriffs vom/zum Server**
    - Holen von mehreren Zeilen pro Zugriff
    - Lokale Bereitstellung einzelner Zeilen (Fetch)

DB-Zugriff via JDBC

- **Java Database Connectivity Data Access API (JDBC)[3]**
  - unabhängiges, standardisiertes CLI, basierend auf SQL:1999
  - bietet Schnittstelle für den Zugriff auf (objekt-) relationale DBMS aus Java-Anwendungen
  - besteht aus zwei Teilen
    - Core Package: Standardfunktionalität mit Erweiterungen (Unterstützung von SQL:1999-Datentypen, flexiblere ResultSets, ...)
    - Optional Package: Ergänzende Funktionalität (Connection Pooling, verteilte Transaktionen, ...)

- **Allgemeines Problem**

  Verschiedene DB-bezogene APIs sind aufeinander abzubilden

- **Überbrückung/Anpassung durch Treiber-Konzept**
  - setzen JDBC-Aufrufe in die DBMS-spezifischen Aufrufe um
  - Treiber werden z.B. vom DBMS-Hersteller zur Verfügung gestellt
  - Treiber-Unterstützung kann auf vier verschiedene Arten erfolgen

3. Standard: JDBC API 3.0 Specification Final Release
   http://java.sun.com/products/jdbc

JDBC – wichtige Funktionalität

- **Laden des Treiber**
  - kann auf verschiedene Weise erfolgen, z.B. durch explizites Laden mit dem Klassenlader:

    Class.forName (DriverClassName)

- **Aufbau einer Verbindung**
  - Connection-Objekt repräsentiert die Verbindung zum DB-Server
  - Beim Aufbau werden URL der DB, Benutzername und Paßwort als Strings übergeben:

    Connection con = DriverManager.getConnection (url, login, pwd);

- **Anweisungen**
  - Mit dem Connection-Objekt können u.a. Metadaten der DB erfragt und Statement-Objekte zum Absetzen von SQL-Anweisungen erzeugt werden
  - Statement-Objekt erlaubt das Erzeugen einer SQL-Anweisung zur direkten (einmaligen) Ausführung

    Statement stmt = con.createStatement();

  - PreparedStatement-Objekt erlaubt das Erzeugen und Vorbereiten von (parametrisierten) SQL-Anweisungen zur wiederholten Ausführung

    PreparedStatement pstmt = con.prepareStatement (
    “select * from personal where gehalt >= ?”);

  - Ausführung einer Anfrageanweisung speichert ihr Ergebnis in ein spezifiziertes ResultSet-Objekt

    ResultSet res = stmt.executeQuery (“select name from personal”);

- **Schließen** von Verbindungen, Statements usw.

  stmt.close();
  con.close();

JDBC – Anweisungen

- **Anweisungen (Statements)**
  - Sie werden in einem Schritt vorbereitet und ausgeführt
  - Sie entsprechen dem Typ EXECUTE IMMEDIATE im dynamischen SQL
  - JDBC-Methode erzeugt jedoch ein Objekt zur Rückgabe von Daten

- **executeUpdate-Methode**
  wird zur direkten Ausführung von UPDATE-, INSERT-, DELETE- und DDL-Anweisungen benutzt

```
Statement stat = con.createStatement ();

int n = stat.executeUpdate ("update personal
                             set gehalt = gehalt * 1.1
                             where gehalt < 5000.00");
// n enthält die Anzahl der aktualisierten Zeilen
```

- **executeQuery-Methode**
  führt Anfragen aus und liefert Ergebnismenge zurück

```
Statement stat1 = con.createStatement ();

ResultSet res1 = stat1.executeQuery (
        "select pnr, name, gehalt from personal where
         gehalt >=" + gehalt);

// weitere Verarbeitungsschritte: siehe JDBC-Ergebnismengen und Cursor
```

JDBC – Prepared-Anweisungen

- **PreparedStatement-Objekt**

```
PreparedStatement pstmt;
double gehalt = 5000.00;
pstmt =   con.prepareStatement (
              “select * from personal where gehalt >= ?”);
```

  - Vor der Ausführung sind dann die aktuellen Parameter einzusetzen mit Methoden wie setDouble, setInt, setString usw. und Indexangabe

```
pstmt.setDouble (1, gehalt);
```

  - Neben setXXX () gibt es Methoden getXXX () und updateXXX () für alle Basistypen von Java

- **Ausführen** einer Prepared-Anweisung als Anfrage

```
ResultSet res1 = pstmt.executeQuery ();
```

- **Vorbereiten und Ausführung** einer Prepared-Anweisung zur DB-Aktualisierung

```
pstmt = con.prepareStatement (
            “delete from personal
             where name = ?”);
// set XXX-Methode erlaubt die Zuweisung von aktuellen Werten
pstmt.setString (1, “Maier”)

int n = pstmt.executeUpdate ();

// Methoden für Prepared-Anweisungen haben keine Argumente
```

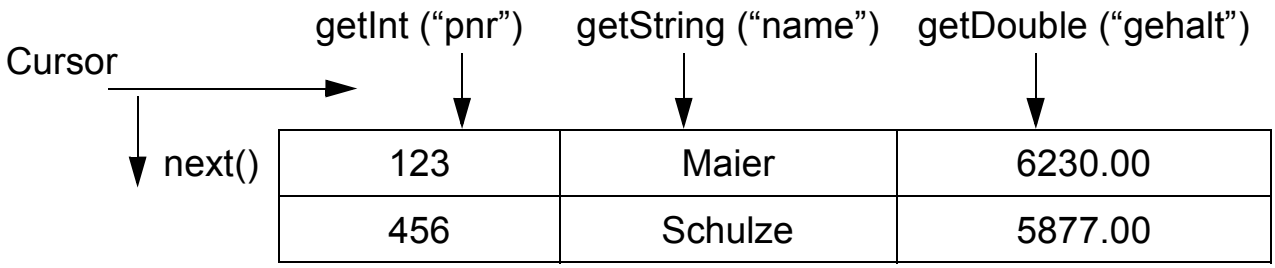
JDBC – Ergebnismengen und Cursor

- **Select-Anfragen und Ergebnisübergabe**

  - Jede JDBC-Methode, mit der man Anfragen an das DBMS stellen kann, liefert ResultSet-Objekte als Rückgabewert

```
ResultSet res = stmt.executeQuery (
        "select pnr, name, gehalt from personal where
        gehalt >=" +gehalt);
```

  - Cursor-Zugriff und ist durch die Methode next() der Klasse ResultSet implementiert
  - Übertragung und ggf. Typkonvertierung von Resultatswerten in Java-Variablen erfolgt durch typspezifische getter-Methoden („getXXX()“)



  - Zugriff aus Java-Programm

```
while (res.next() ) {
        System.out.print (res.getInt ("pnr") + "\t");
        System.out.print (res.getString ("name") + "\t");
        System.out.println (res.getDouble ("gehalt") );
```

- **Aktualisierbare ResultSets**

```
Statement s1 = con1.createStatement (
        ResultSet.TYPE_FORWARD_ONLY,
        ResultSet.CONCUR_UPDATABLE);
ResultSet res= s1.executeQuery (. . .);    . . .
res.updateString ("name", "Müller");    . . .
res.updateRow ();
```

  - Zeilen können in aktualisierbaren ResultSets geändert und gelöscht werden. Mit res.insertRow () wird eine Zeile in res und gleichzeitig auch in die DB eingefügt.

JDBC – Ergebnismengen und Cursor (2)

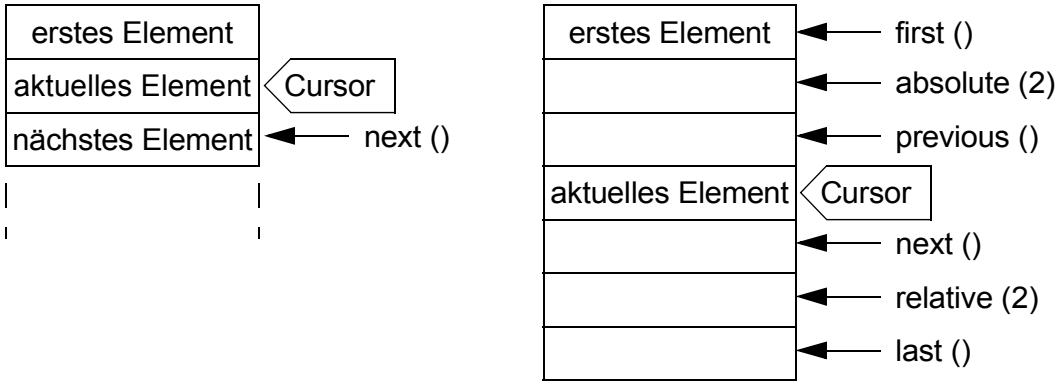
JDBC definiert drei Typen von ResultSets

- **ResultSet: forward-only**

  Default-Cursor vom Typ ASENSITIVE: nur next()

- **ResultSet: scroll-insensitive**

  Scroll-Operationen sind möglich, aber DB-Aktualisierungen verändern ResultSet nach seiner Erstellung nicht



- **ResultSet: scroll-sensitve**

  - Scroll-Operationen sind möglich, wobei ein nicht-INSENSITIVE Cursor benutzt wird
  - Semantik der Operation, im Standard nicht festgelegt, wird vom darunterliegenden DBMS übernommen, die vom Hersteller definiert wird!
  - Oft wird die sogen. KEYSET_DRIVEN-Semantik[4] (Teil des ODBC-Standards) implementiert.

4. Bei Ausführung der Select-Anweisung wird der ResultSet durch eine Menge von Zeigern auf die sich qualifizierenden Zeilen repräsentiert. Änderungen und Löschungen nach Erstellen des ResultSet werden dadurch sichtbar gemacht, Einfügungen aber nicht!

JDBC – Zugriff auf Metadaten

- **Allgemeine Metadaten**
  - Welche Information benötigt ein Browser, um seine Arbeit beginnen zu können?
  - JDBC besitzt eine Klasse DatabaseMetaData, die zum Abfragen von Schema- und anderer DB-Information herangezogen wird

- **Informationen über ResultSets**
  - JDBC bietet die Klasse ResultSetMetaData

    ResultSet rs1 = stmt1.executeQuery (“select * from personal”);

    ResultSetMetaData rsm1 = rs1.getMetaData ();

  - Es müssen die Spaltenanzahl sowie die einzelnen Spaltennamen und ihre Typen erfragt werden können (z. B. für die erste Spalte)

    int AnzahlSpalten = rsm1.getColumnCount ();

    String SpaltenName = rsm1.getColumnName (1);

    String TypName = rsm1.getColumnTypeName (1);

  - Ein Wertzugriff kann dann erfolgen durch

    rs1.getInt (2), wenn

    rsm1.getColumnTypeName (2)

    den String “Integer” zurückliefert.

JDBC – Fehler und Transaktionen

- **Fehlerbehandlung**
  - Spezifikation der Ausnahmen, die eine Methode werfen kann, bei ihrer Deklaration (throw exception)
  - Ausführung der Methode in einem try-Block, Ausnahmen werden im catch-Block abgefangen

```
try   {
      . . . Programmcode, der Ausnahmen verursachen kann
}
catch (SQLException e) {
      System.out.println ("Es ist ein Fehler aufgetreten :\n");
      System.out.println ("Msg: " + e.getMessage () );
      System.out.println ("SQLState: " + e.getSQLState () );
      System.out.println ("ErrorCode: " + e.getErrorCode () );
};
```

- **Transaktionen**
  - Bei Erzeugen eines Connection-Objekts (z.B. con1) ist als Default der Modus **autocommit** eingestellt
  - Um Transaktionen als Folgen von Anweisungen abwickeln zu können, ist dieser Modus auszuschalten

```
con1.setAutoCommit(false);
```

- **Beendigung oder Zurücksetzen**

```
con1.commit();
con1.rollback();
```

- **Programm kann mit mehreren DBMS verbunden sein**
  - selektives Beenden/Zurücksetzen von Transaktionen pro DBMS
  - kein globales atomares Commit möglich

DB-Zugriff via JDBC – Beispiel 1

```
import java.sql.*;
public class Select    {
    public static void main (String [ ] args)    {
        Connection con = null;
        PreparedStatement pstmt;
        ResultSet res;
        double gehalt = 5000.00;
        try    {
            Class.forName (“sun.jdbc.odbc.JdbcOdbcDriver”);
            con = java.sql.DriverManager.getConnection (
                    “jdbc:odbc:personal”, “user”, “passwd”);
            pstmt = con.prepareStatement (
                    “select pnr, name, gehalt from personal where gehalt >= ?”);
            pstmt.setDouble (1, gehalt);
            . . .
            res = pstmt.executeQuery ();
            while (res.next () )    {
                    System.out.print (res.getInt (“pnr”) + “\t”);
                    System.out.print (res.getString (“name”) + “\t”);
                    System.out.println (res.getDouble (“gehalt”) );
            }
            res.close ();
            pstmt.close ();
        } / / try
            catch (SQLException e)    {
                    System.out.println (e) ;
                    System.out.println (e.getSQLState () );
                    System.out.println (e.getErrorCode () );
            }
            catch (ClassNotFoundException e)    {
                    System.out.println (e) ;
            }
        } / / main
    } / / class Select
```

DB-Zugriff via JDBC – Beispiel 2

```
import java.sql.*;
public class Insert    {
     public static void main (String [ ] args)     {
          Connection con = null;
          PreparedStatement pstmt;
          try {
             Class.forName (“sun.jdbc.odbc.JdbcOdbcDriver”);
             con = java.sql.DriverManager.getConnection (
                       “jdbc:odbc:personal”, “ “, “ “);
             pstmt = con.prepareStatement (
                       “insert into personal values (?, ?, ?)”);
             pstmt.setInt (1, 222);
             pstmt.setString (2, “Schmitt”);
             pstmt.setDouble (3, 6000.00);
             pstmt.executeUpdate ();
             pstmt.close ();
             con.close ();
          } / / try
             catch (SQLException e)    {
                       System.out.println (e);
                       System.out.println (e.getSQLState () );
                       System.out.println (e.getErrorCode () );
             }
             catch (ClassNotFoundException e)    {System.out.println (e);
             }
          }
     }
. . .
             pstmt = con.prepareStatement (
                       “update personal set gehalt = gehalt * 1.1 where gehalt < ?”);
             pstmt.setDouble (1, 10000.00);
             pstmt.executeUpdate ();
             pstmt.close ();
. . .
             pstmt = con.prepareStatement (“delete from personal where pnr = ?”);
             pstmt = setInt (1, 222);
             pstmt.executeUpdate ();
             pstmt.close ();
```

SQL/PSM

- **PSM**
  (Persistent Stored Modules)

  - zielt auf **Leistungsverbesserung**
    vor allem in Client/Server-Umgebung ab
    - Ausführung mehrerer SQL-Anweisungen durch ein EXEC SQL
    - Entwerfen von Routinen mit mehreren SQL-Anweisungen

  - erhöht die **Verarbeitungsmächtigkeit** des DBS
    - Prozedurale Erweiterungsmöglichkeiten
      (der DBS-Funktionalität aus Sicht der Anwendung)
    - Einführung neuer Kontrollstrukturen

  - erlaubt **reine SQL-Implementierungen** von komplexen Funktionen
    - Sicherheitsaspekte
    - Leistungsaspekte

  - ermöglicht **SQL-implementierte Klassenbibliotheken** (SQL-only)

SQL/PSM (2)

- **Beispiel**

  - ins AWP eingebettet

    ```
    . . .
    EXEC SQL INSERT INTO Pers VALUES (...);
    EXEC SQL INSERT INTO Abt VALUES (...);
    . . .
    ```

  - Erzeugen einer SQL-Prozedur

    ```
    CREATE PROCEDURE proc1 ( )
    {
    BEGIN
    INSERT INTO Pers VALUES (...);
    INSERT INTO Abt VALUES (...);
    END;
    }
    ```

  - Aufruf aus AWP

    ```
    . . .
    EXEC SQL CALL proc1 ( );
    . . .
    ```

- **Vorteile**

  - **Vorübersetzte Ausführungspläne** werden gespeichert, sind wiederverwendbar
  - **Anzahl der Zugriffe** des Anwendungsprogramms auf die DB wird reduziert
  - Prozeduren sind als **gemeinsamer Code** für verschiedene Anwendungsprogramme nutzbar
  - Es wird ein **höherer Isolationsgrad** der Anwendung von der DB erreicht

SQL/PSM – Prozedurale Spracherweiterungen

• Compound statement	• BEGIN ... END;
• SQL variable declaration	• DECLARE var CHAR (6);
• If statement	• IF subject (var <> ‘urgent’) THEN ... ELSE ...;
• Case statement	• CASE subject (var) WHEN ‘SQL’ THEN ... WHEN ...;
• Loop statement	• LOOP <SQL statement list> END LOOP;
• While statement	• WHILE i<100 DO ... END WHILE;
• Repeat statement	• REPEAT ... UNTIL i<100 END REPEAT;
• For statement	• FOR result AS ... DO ... END FOR;
• Leave statement	• LEAVE ...;
• Return statement	• RETURN ‘urgent’;
• Call statement	• CALL procedure_x (1,3,5);
• Assignment statement	• SET x = ‘abc’;
• Signal/resignal statement	• SIGNAL divison_by_zero

Zusammenfassung

- **Cursor-Konzept zur satzweisen Verarbeitung von Datenmengen**
  - Anpassung von mengenorientierter Bereitstellung und satzweiser Verarbeitung von DBMS-Ergebnissen
  - Operationen: DECLARE CURSOR, OPEN, FETCH, CLOSE
  - Erweiterungen: Scroll-Cursor, Sichtbarkeit von Änderungen

- **Statisches (eingebettetes) SQL**
  - relativ einfache Programmierung
  - Aufbau aller SQL-Befehle muss zur Übersetzungszeit festliegen
  - zur Laufzeit kann nur eine Datenbanken angesprochen werden
  - hohe Effizienz, gesamte Typprüfung und Konvertierung, Vorbereitung der Anfrage kann durch Precompiler erfolgen

- **Dynamisches SQL**
  - Festlegung/Übergabe von SQL-Anweisungen zur Laufzeit
  - hohe Flexibilität, schwierige Programmierung
  - explizite Anweisungen zur Datenabbildung zw. DBMS und Anwendung
  - klare Trennung von Anwendungsprogramm und SQL (➥ einfacheres Debugging)

- **CLI**
  - Schnittstelle ist als Sammlung von Prozeduren/Funktionen realisiert
    - JDBC bietet Schnittstelle für Java-Anwendungen
  - Keine Vorübersetzung oder Vorbereitung
    - Anwendungen brauchen nicht im Quell-Code bereitgestellt werden
    - Wichtig zur Realisierung von kommerzieller AW-Software bzw. Tools

- **PSM, Stored Procedures**
  - zielt ab auf Leistungsverbesserung vor allem in Client/Server-Umgebung
  - erhöht die Verarbeitungsmächtigkeit des DBMS